



Задача 1. Чугуний

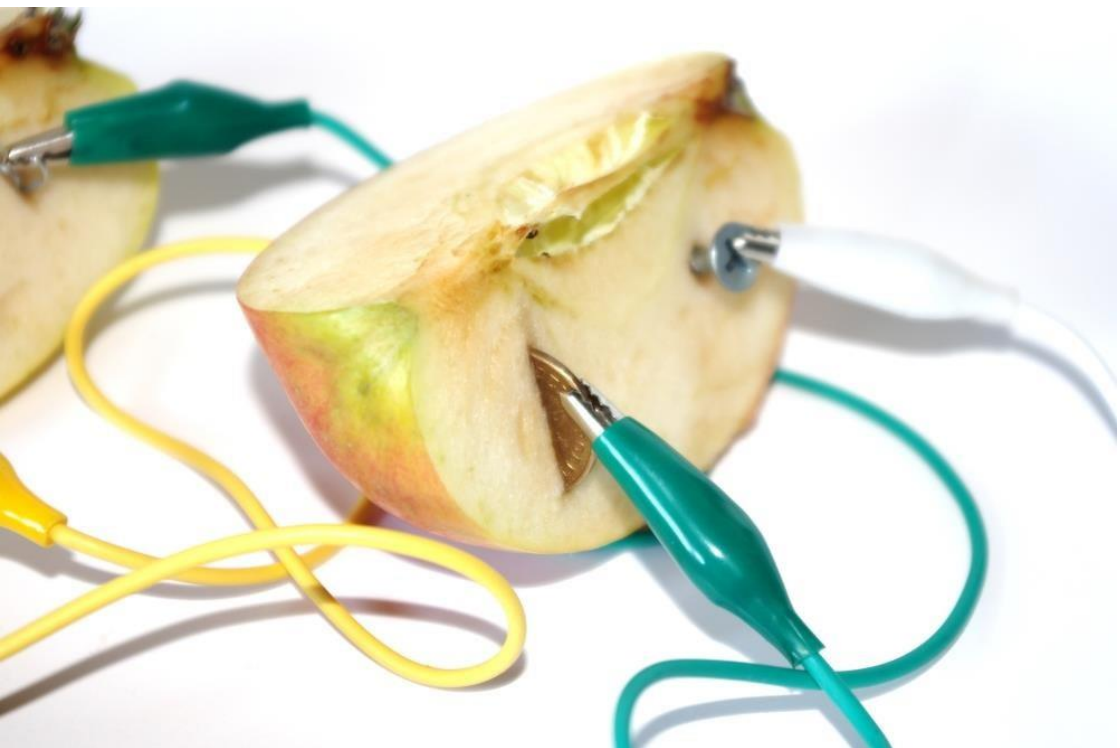
Пожалуй, главный инструмент кухонной утвари — это сковорода. Среди огромного числа материалов, из которых делают сковородки, выделяется чугун. Это сплав железа, содержащий большое (по сравнению, например, со сталью) количество углерода.

Предположим, вам в руки попал небольшой кусочек чугуна и вы, как химик, хотите узнать, сколько же все-таки в нем содержится углерода. В вашем распоряжении стандартное оборудование школьного класса химии. Предложите подробную методику определения содержания углерода в чугуне, основанную на химических методах. Насколько точно вам удастся определить содержание углерода? Если вам удастся достать кусочек чугуна, то прекрасным дополнением к вашему решению станет экспериментальная проверка методики.



Задача 2. Не читайте желтую прессу

Страницы книг — кулинарных, да и не только — со временем желтеют. Как известно, изменение цвета — это признак химической реакции. Какие именно химические реакции происходят в листе бумаги? Предложите способ отбелить пожелтевшие страницы, не обесцветив при этом чернила (то есть сохранив читаемость книги). Поясните, какие химические процессы изменяют цвет бумаги, и приведите примеры химических реакций.



Задача 3. Химический вольтметр

Используя знания химии, из фруктов и гвоздей легко можно собрать химический источник тока. Но имея источник тока, хотелось бы узнать какие-то его характеристики — электродвижущую силу или силу тока в цепи, в которой этот источник тока используется. Предложите смесь химических веществ, которая может выполнять роль химического вольтметра или амперметра (на ваш выбор), если подключить ее соответствующим образом к любой электрической цепи постоянного тока. По изменению цвета смеси вы должны получить информацию о величине напряжения или тока в цепи. Поясните, как именно вы будете интерпретировать показания вашего химического вольт- или амперметра? Какова его точность и границы применимости?



Задача 4. Роковые яйца

Если слишком долго варить куриные яйца, то их желтки начинают зеленеть. Это указывает на некий химический процесс, происходящий при термической обработке яиц. Ровно сто лет назад химики из Королевского колледжа Лондона (Чарльз Кеннет Тинклер и Мэрион Кросслэнд Соар) опубликовали статью под названием *The formation of ferrous sulfide in eggs during cooking*, в которой предположили, что изменение цвета желтка связано с образованием сульфида железа. В статье эта гипотеза подтверждена довольно косвенно. С 1920 года и химия, и методы химического анализа значительно шагнули вперед. Предложите способ подтвердить, опровергнуть или уточнить гипотезу британских ученых экспериментально. Попытайтесь реализовать его на практике.

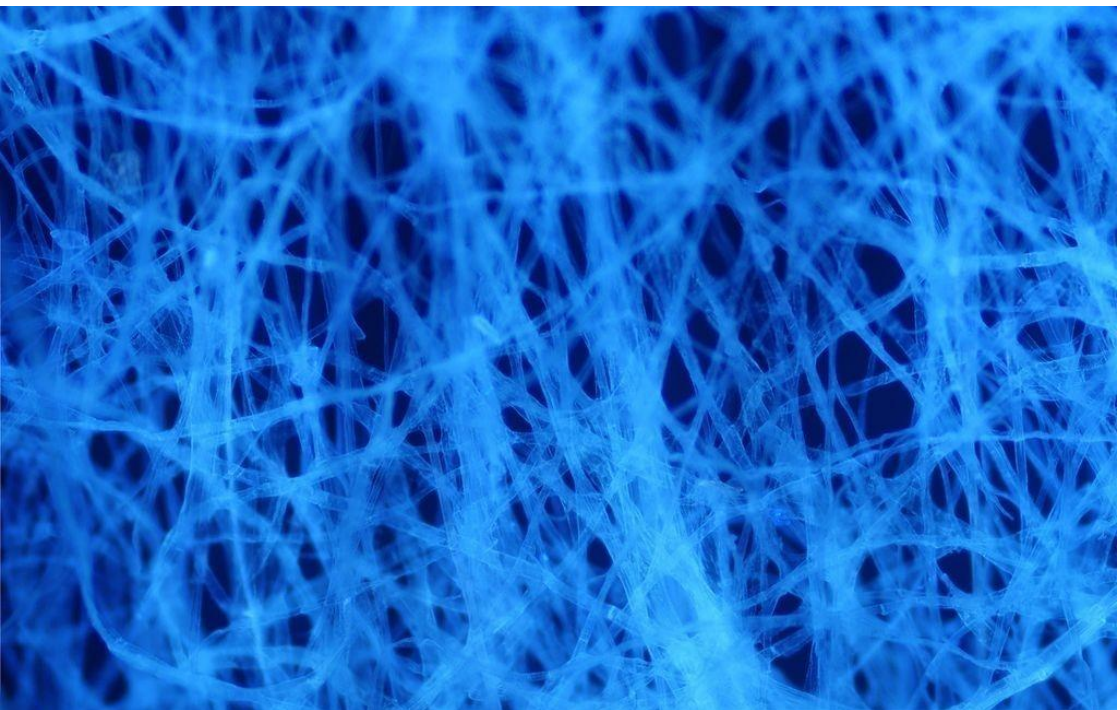


Задача 5. Сверхтяжелые собраты

Мы знаем довольно много о самом тяжелом из стабильных галогенов — иоде. Его соединения содержатся в морских водорослях, иодиды и иодаты калия добавляют в поваренную соль, и в целом иод — необходимый компонент нашего рациона.

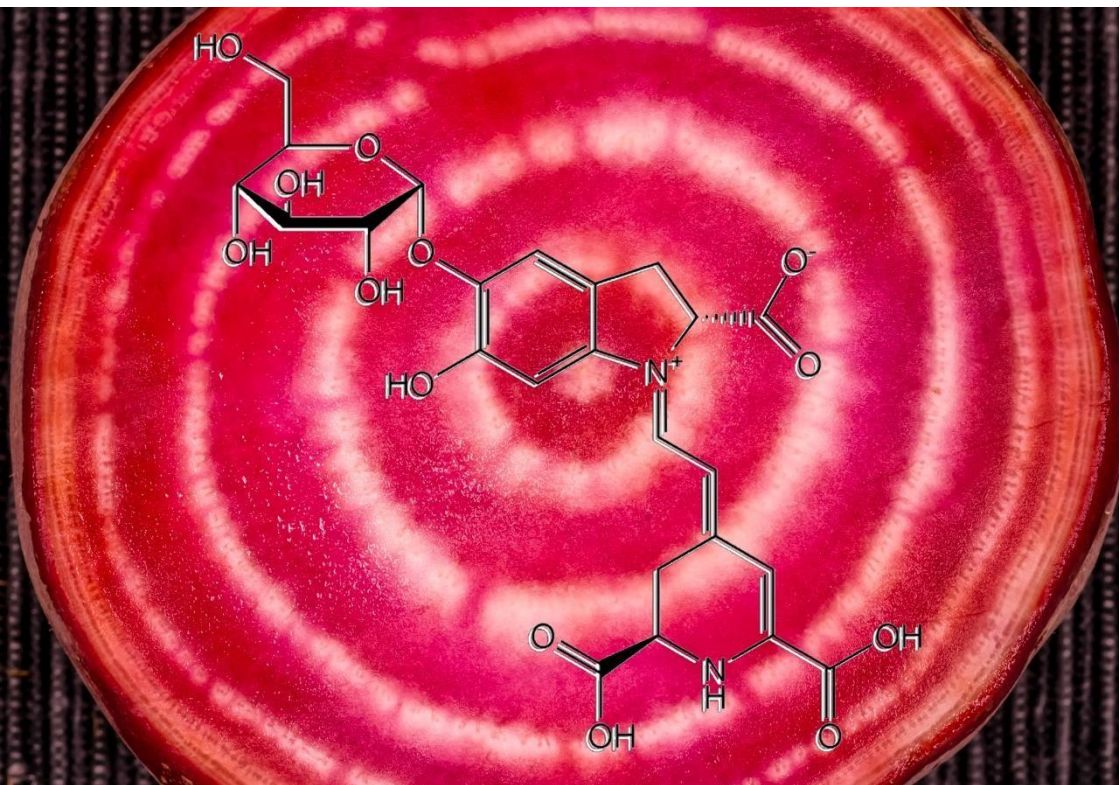
С точки зрения химии иод интересен, в частности, цветом простого вещества и других соединений. В то время как фториды, хлориды и бромиды свинца — белые порошки, иодид свинца — желтый. То же верно и про иодид серебра. Пары иода имеют насыщенно фиолетовую окраску. Химические свойства иода тоже отличаются от других галогенов, например, иодная кислота в водных растворах существует в виде H_5IO_6 , а хлорная — в виде HClO_4 .

А какого цвета астат в виде простого вещества и его соединений? Спрогнозируйте, насколько отличаются его химические свойства от свойств хлора, брома и иода. Поясните свой ответ и приведите несколько гипотетических уравнений, демонстрирующих химические свойства астата. Сможете ли вы, руководствуясь той же логикой, предложить гипотезы о химических свойствах теннессина (Ts) и его соединений, если бы он был стабильным элементом?



Задача 6. Достаем двойные листочки

Целлюлоза — самый распространенный органический полимер на планете Земля. Она входит в рацион питания жвачных животных и некоторых насекомых, используется как сорбент, основа для различных волокон и является основным компонентом бумаги. Как и в любом углеводе, в целлюлозе есть огромное количество свободных гидроксильных групп. Их количество играет важную роль в сорбции веществ на целлюлозу. Оцените теоретически количество свободных ОН-групп на одном листе обычной бумаги А4, а также предложите химический метод проверить эту теоретическую оценку. Какие допущения вы сделали? Плотность и сорт бумаги подберите самостоятельно.



Задача 7. Индикатор из борща

Свекольный сок состоит из огромного множества различных окрашенных химических соединений, объединенных общим названием беталаины. Они широко применяются в пищевой промышленности в качестве красителя. Кроме того, беталаинам приписываются антиоксидантные свойства, а еще беталаины могут выступать в роли кислотно-основных индикаторов.

Мы предлагаем вам исследовать свойства свекольного сока самостоятельно, при возможности, экспериментально. Оцените диапазон pH цветового перехода свекольного сока, чтобы охарактеризовать беталаины как индикатор. Исследуйте способности компонентов свекольного сока вступать в окислительно-восстановительные реакции.



Задача 8. Раствора сила ионная

Ионная сила раствора — мера интенсивности электрического поля, создаваемого ионами в растворе. Для ее вычисления около ста лет назад была предложена следующая формула:

$$I = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n c_i z_i^2$$

Иначе говоря, чтобы вычислить ионную силу, нужно для каждого типа ионов в растворе умножить его концентрацию (в моль/л) на квадрат заряда иона (в единицах заряда электрона) и сложить все такие произведения, а потом поделить пополам. Ионная сила существенно влияет на свойства растворов. Предложите индикатор (вещество или смесь веществ), который позволит определить — не выше ли ионная сила раствора некоего порогового значения. Изменение состояния индикатора должно считываться невооруженным глазом (например, изменение цвета). Объясните принцип работы вашего индикатора и укажите пороговое значение ионной силы, на которое он указывает.



Задача 9. Скоростные бананы

Этилен — важный растительный гормон, регулирующий, например, созревание бананов. Бананы способны не только поглощать этилен (это ускоряет их созревание), но и выделять его, на чем основан известный метод ускорения созревания других фруктов. Скорость выделения этилена зависит от метаболизма бананов, а значит с ее помощью можно изучать изменения, происходящие в плодах. Предложите метод измерения скорости выделения этилена из бананов, пригодный для реализации в школьной лаборатории. Попробуйте исследовать зависимость скорости выделения этилена из бананов от времени.



Задача 10. Может, по пицце?

Одним из самых популярных блюд на планете является пицца. Процесс её деления между всеми едоками непрост: нужно тщательно добиться, чтобы всем досталось поровну. Это дополнительно усложняется тем, что количество людей может быть разным.

Предложите “молекулу-пиццу”, которая имела бы круглую форму, и которую путем химических реакций с разными реагентами можно было бы разделить на несколько равных частей. При разных воздействиях “кусочков” должно получаться 2, 3, 4 или 6. Поясните механизмы химических реакций, обеспечивающих такое разрезание “молекулы-пиццы”.



Задача 11. Алюминиевая ложка

Алюминий часто используется в пищевой промышленности. К примеру, из сплавов алюминия изготавливают столовые приборы – вилки и ложки.

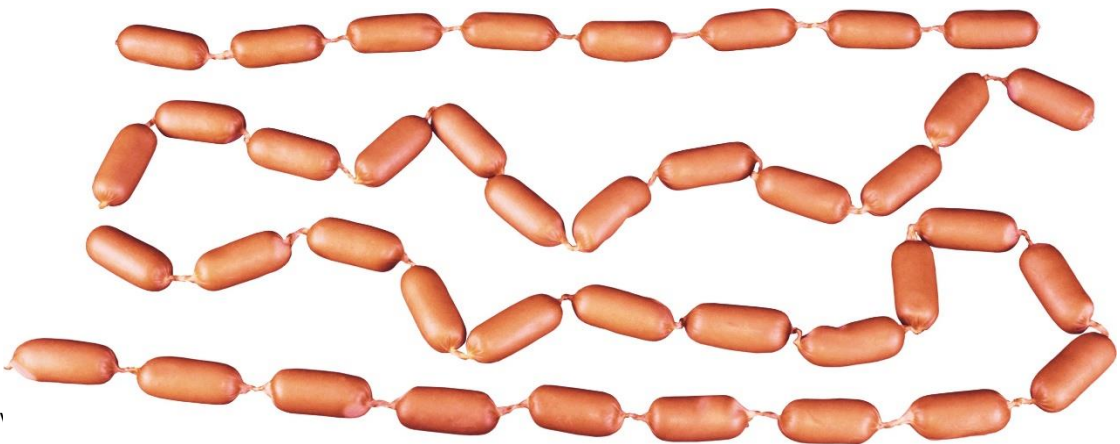
Представьте себе, что у вас есть ложка из чистого алюминия (99,999% чистоты или выше), и вы используете ее исключительно для того, чтобы размешивать сахар в черном чае с лимоном. Оцените с точностью до порядка, как много чашек чая вам удастся приготовить до того, как большая часть алюминия из ложки растворится? Поясните ваш расчет. В модели задачи укажите вес вашей ложки, время помешивания сахара, кислотность чая и другие параметры, которые вы использовали для расчетов. Используемые в модели параметры должны быть адекватны (не стоит брать кислотность чая $\text{pH} < 0$).



Задача 12. Молекулярное печенье

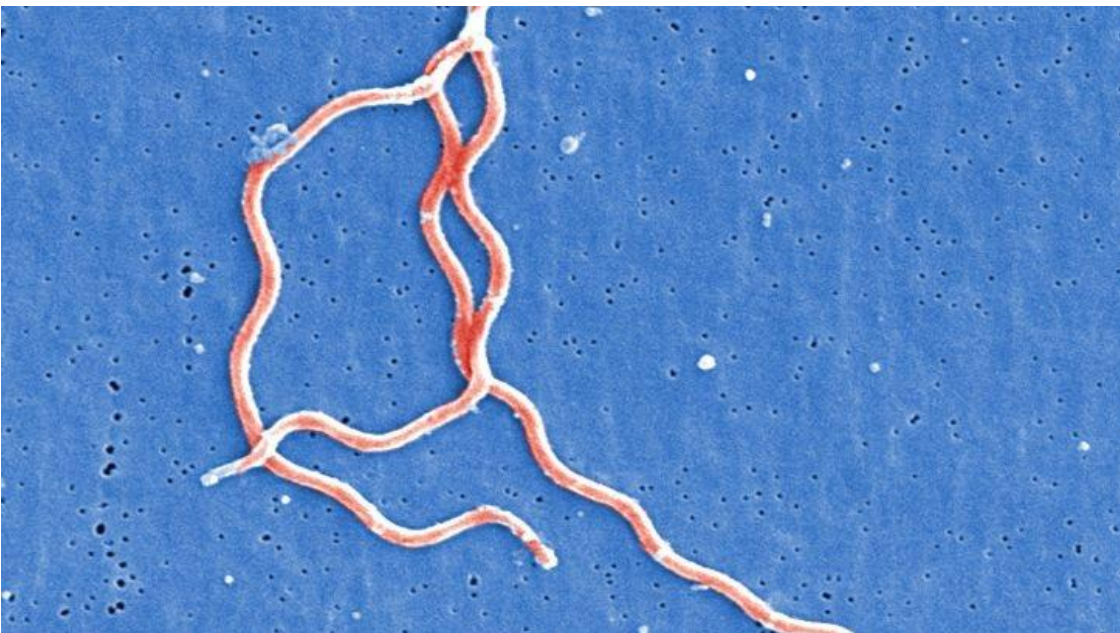
Печенье Oreo состоит из двух печенек, соединенных слоем сладкого вещества. Для того, чтобы отделить печеньки друг от друга необходимо приложить некоторые усилия. В химии тоже часто встречаются многослойные соединения. Одним из интересных примеров таких объектов являются сэндвичевые соединения — ферроцен и его аналоги. Это такие комплексы, в которых центральный атом металла связан с двумя ароматическими циклами (бензольными кольцами или анионами циклопентадиена), при этом считают, что центральный атом связан со всеми атомами ароматического кольца.

Предположим, у вас есть возможность присоединить нанодинамометр к ароматическим “шапкам” сэндвичевого соединения. Какую силу (в ньютонах) придется приложить, чтобы оторвать ароматический лиганд от центрального атома? Сравните силы для разных сэндвичевых комплексов: кобальтоцена и дибензолхрома, ферроцена и кобальтоцена, рутеноцена.



Задача 13. Скованные одной цепью

Из курса биологии известно, что пищевая цепочка не может быть длиннее шести звеньев. Предложите синтез максимально длинной химической цепочки атомов, соединённых ковалентными связями, в которой нет повторяющихся атомов (цепочка может быть разветвлённой).



Задача 14. Дыхательные пути

У разных организмов может отличаться не только рацион питания, но и «рацион» дыхания. Хотя многие живые организмы, как известно, дышат кислородом, не стоит забывать и про анаэробов. Вместо кислорода микроорганизмы используют нитраты, фумаровую кислоту, серную кислоту и элементарную серу. Выберите модельный анаэробный организм и предложите для него способ регенерации аналога кислорода, необходимого для его дыхания. Способ регенерации должен быть, конечно, безопасен для организма. Обязательно укажите в модели решения, является ли ваш организм факультативным анаэробом или нет, есть ли у него другие способы дыхания?



Задача 15. Кулинарные изыски

Пар часто выделяется в процессе приготовления пищи, придавая этому процессу особый шарм. Нет предела совершенству! Предложите химический способ сделать этот процесс еще красивее — придать цвет выделяющемуся пару и заставить менять его окраску в процессе.



Задача 16. Вода изнутри

Вода — основа всего живого, главный ингредиент практически любой еды. Она обладает набором уникальных физических свойств, которые связаны с образованием в ней крепких водородных связей между молекулами. Среднее количество водородных связей во льду, жидкой воде и в очень горячем паре, в пересчете на одну молекулу воды, отличается. Можно предположить, что и в жидкой воде количество водородных связей может варьироваться — при 1 градусе Цельсия их может быть больше, чем при 99 градусах Цельсия. А как проверить эту гипотезу? Сделайте разумное предположение о том, как сильно может отличаться количество водородных связей в холодной и горячей воде и предложите возможный эксперимент, который позволит его проверить.